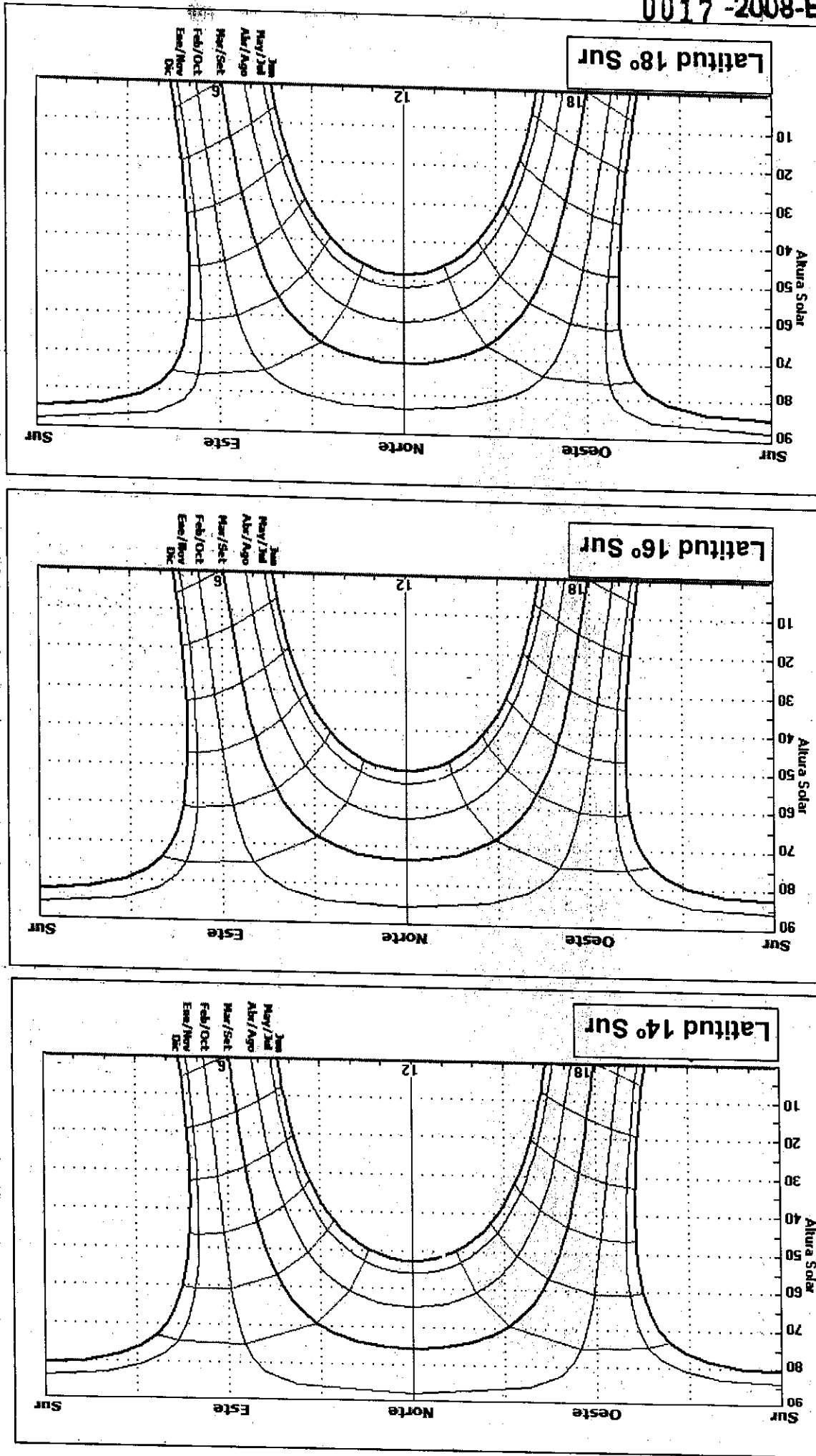
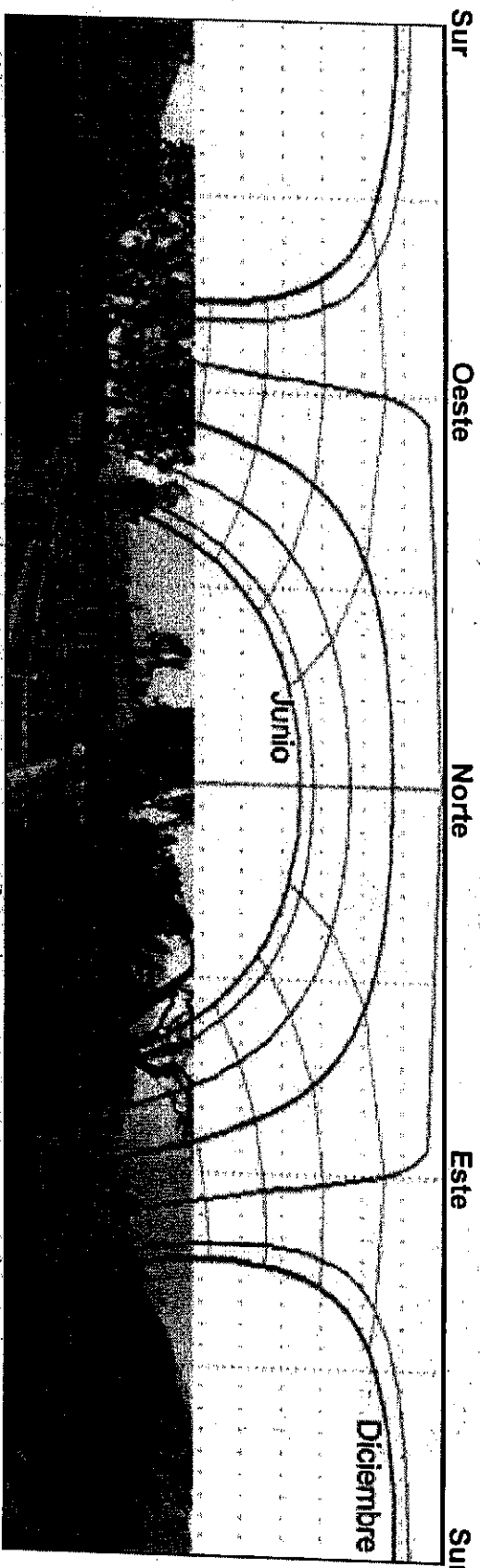




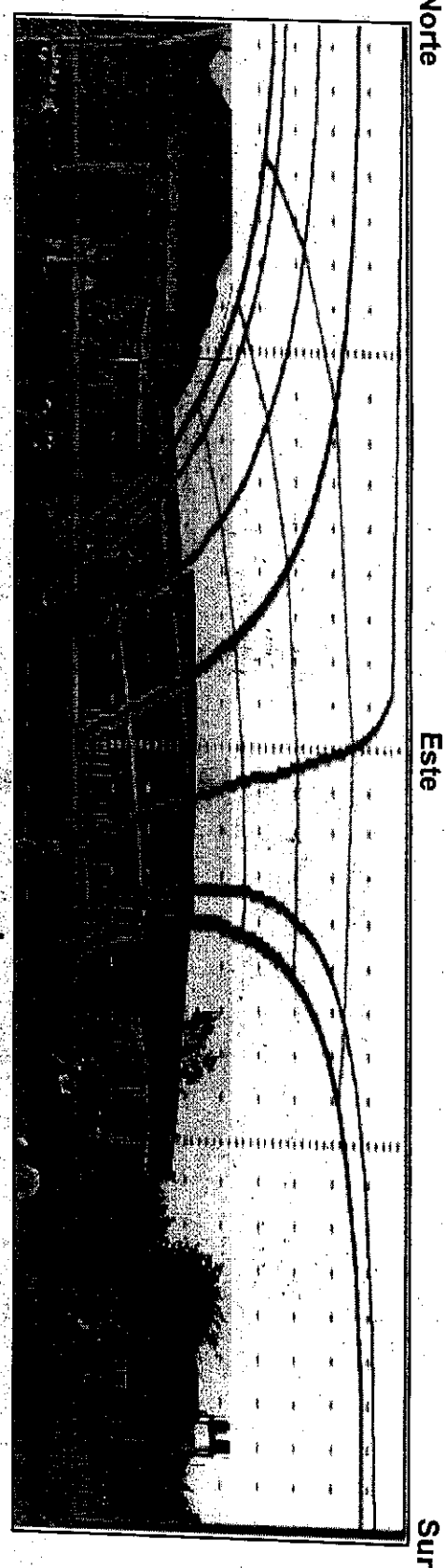
6.2.1 Topografía y Obstrucciones

La Topografía y obstrucciones se pueden graficar sobre la proyección cilíndrica de dos maneras, a partir de un plano topográfico del lugar de donde se extrae los datos de obstrucciones por diferencia de cotas de los cerros aledaños, es decir si estamos a 1 Km. de un cerro cuya cota es 3200 msnm y el terreno se encuentra a 2820 msnm, quiere decir que se tiene una diferencia de cota de 380 metros en 1000 metros de distancia, lo que equivale a un ángulo de obstrucción de 20.81° en la dirección en la que se encuentre el cerro, se recomienda utilizar cartas cuya precisión mínima sea 1/25000. Estas cartas se pueden encontrar en el Ministerio de agricultura, siendo lo recomendable escalas 1/10,000. Otra manera es trasladar los datos aproximados en el lugar con un teodolito, o hasta con un transportador, o por último y siendo lo más recomendable una fotografía panorámica.



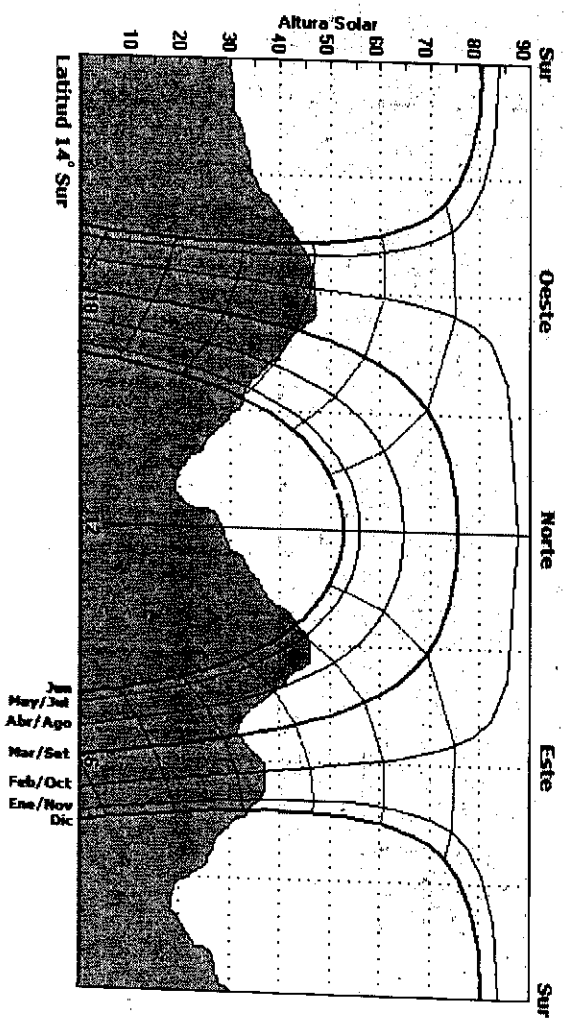
Ejemplo aplicado en un terreno.





Vista Panorámica Interior, superpuesta con el recorrido solar (Este 20° Sur), debe tenerse en cuenta que el eje de la panorámica debe coincidir con la orientación correspondiente en la cilíndrica

Ejemplo de obstrucción por Topografía en Antabamba en Apurímac



6.2.2 Diseño de Aleros y Parasoles

A continuación explicaremos mediante la aplicación en un caso práctico los dos métodos más simples para determinar el diseño de aleros mediante la utilización de los datos directos de azimut y altura o mediante la utilización de la proyección cilíndrica.

A. Mediante el uso de datos de azimut y altura

Para Aleros:

Digamos por ejemplo que se quiere diseñar el alero para una ventana orientada al N15°E y se ha determinado que la hora requerida es a partir de las 11 am., sabiendo que se encuentra en la ciudad de Huancayo. Realizaremos el cálculo para el mes de Abril. La ventana tiene 1.20 de altura y llega al techo, se considerará para el ejemplo un espesor de muro de 20 cm.

El proceso que explicaremos podrá ser ingresado en una hoja de cálculo y variar para otros meses, dejando aquel que genere un mayor alero. Así mismo se podrán combinar aleros o parasoles verticales y horizontales.

Para Huancayo se utilizará los datos para 12°.

-12° Sur	Altura	Azimut	Altura	Azimut	Altura	Azimut	Altura	Azimut	Altura	Azimut	Altura
11 - 13 H	49.19	71.72	58.62	73.46	91.48	75.29	127.81	70.88	147.58	61.82	54.45
									155.33		157.51
											51.63

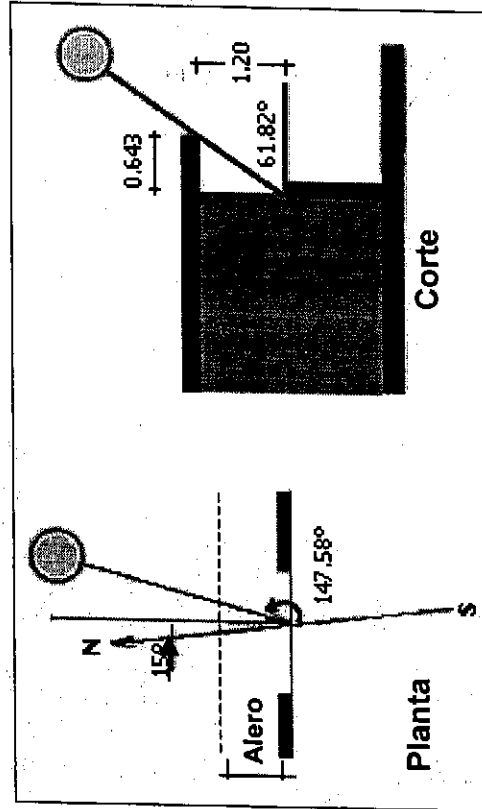
Si se aprecia en el gráfico el ángulo que forma la ventana con el azimut del mes corresponde a 17.42°, el "alero + el muro" medido en esta dirección quedará expresado por (altura desde el alfeizar al techo) / tg del ángulo de altura.

Fórmula:

Alero = ((Altura desde el alfeizar / Tg del Angulo de Altura) x Cos (Angulo de la Perpendicular del vano con el azimut)) - Espesor del Muro

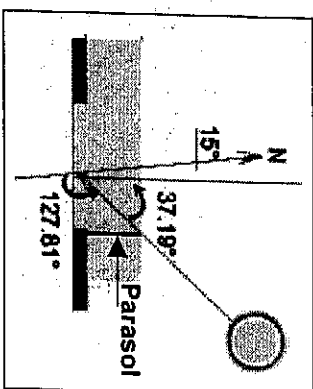
"alero + el muro" = $1.20 / \text{tg } 61.82^\circ = 0.643$, para trasladar esta medida a verdadera magnitud, habrá que multiplicarla por el coseno del ángulo que forma la perpendicular de la ventana y el azimut para el mes elegido, es decir $165^\circ - 147.58^\circ = 17.42^\circ$

$$\text{Alero} = (0.643 \times \text{Cos } 17.42^\circ) - 0.20 = 0.41 \text{ m}$$



Para Parasoles verticales:

Solo se considera el dato de azimut, como ejemplo si tomamos el ambiente anterior pero se quiere diseñar un parasol vertical para el mes de marzo, tendríamos que el dato de azimut es de 127.81° lo que daría un ángulo real de $(165^\circ - 127.81^\circ) = 37.19^\circ$ siendo el ángulo a considerar el complemento, es decir 52.81°



El tamaño del parasol dependerá del espaciamiento que se quiera dejar entre ellos siendo igual a:

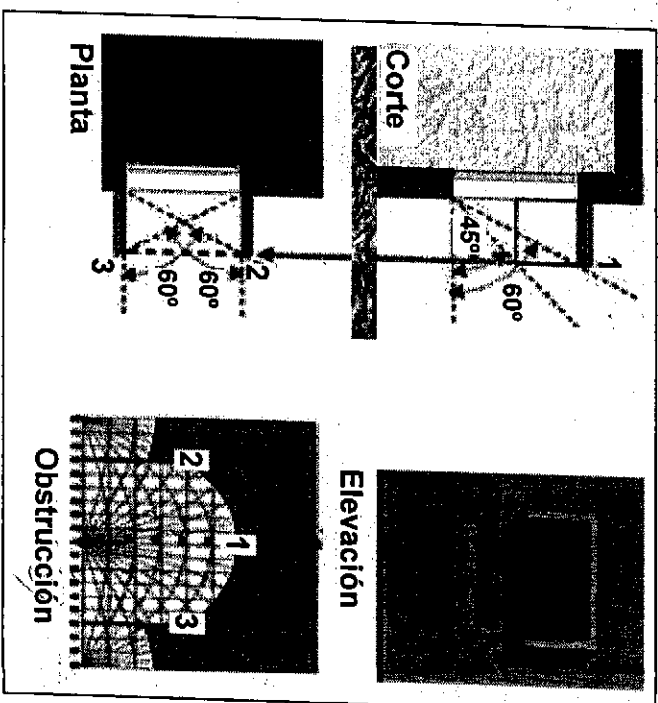
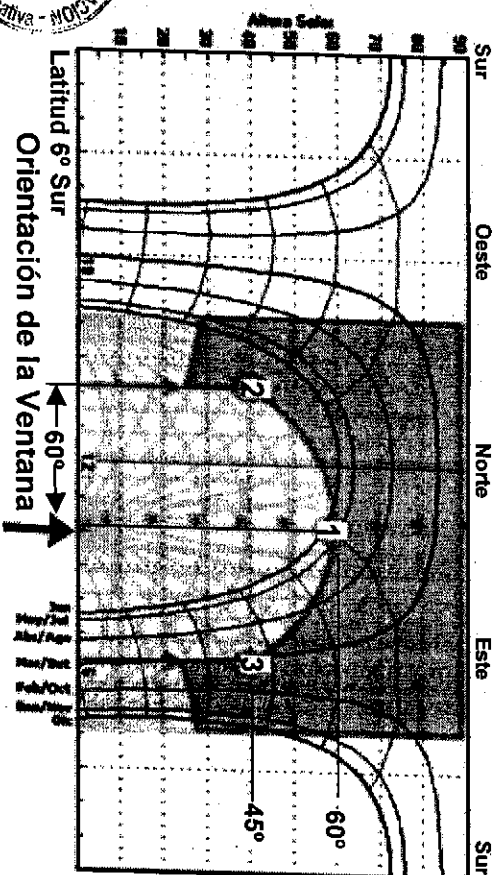
Parasol = separación x tangente del complemento.

Por ejemplo si decidimos que la separación entre parasoles verticales sea de 50 cm., el parasol medirá $0.50 \times \text{tg } 52.81^\circ$

Parasol Vertical = 0.66 m

B. Mediante el uso de la Proyección cilíndrica

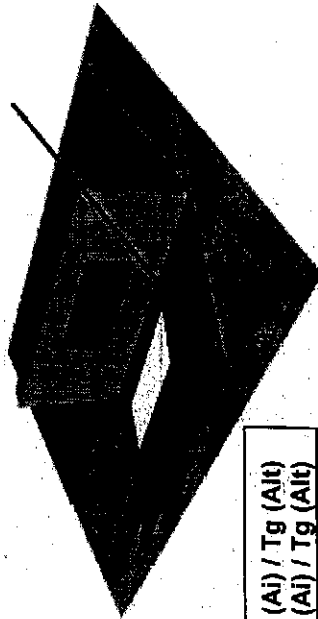
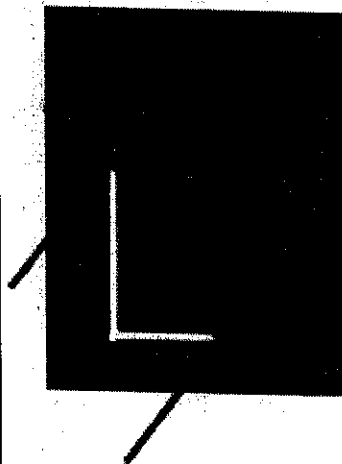
Alternativa menos precisa para estimar los aleros y parasoles de los vanos mediante la utilización de la proyección cilíndrica. Tener en cuenta el traslado de los ángulos de planta y corte, así como la orientación de la ventana N 15° . Este para el ejemplo.



6.2.3 Determinación de Sombras exteriores

Para hallar las sombras exteriores a partir de los datos de azimut y altura. Se tendrá en cuenta lo siguiente: La sombra será en sentido opuesto a la dirección del sol, la extensión de la sombra se calcula a partir de la altura de la edificación dividida entre la tangente del ángulo de altura. También se puede usar cuando por alguna razón se desee que ingrese el sol a un ambiente.

$$\text{Distancia de la Sombra} = \frac{\text{Altura de la Edificación}}{\text{Tangente del ángulo de altura}}$$



$$\begin{aligned} dx &= h \times \text{Seno } (Ai) / \text{Tg } (Alt) \\ dy &= h \times \text{Cos } (Ai) / \text{Tg } (Alt) \end{aligned}$$

donde:

"Ai" es el Angulo que se forma con el ingreso del sol.

"Alt" es el ángulo de altura.



6.3 ILUMINACION

6.3.1 Niveles de Iluminación (Iluminancia)

Es fundamental el determinar un adecuado nivel de confort visual, conociendo los requisitos lumínicos de los diferentes ambientes que comprenden los locales Educativos.

Si bien es cierto que existen métodos para determinar la iluminancia o niveles de iluminación los cuales tienen en consideración parámetros tales como:

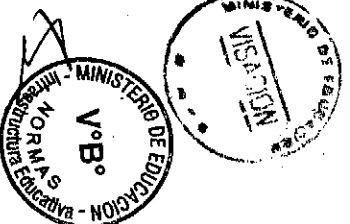
- Función del ambiente e importancia de la labor a realizar
- Tipo de actividad que se va a desempeñar
- Edad promedio de los ocupantes
- Velocidad y/o exactitud requerida
- Reflejancia del ambiente

Se ha establecido la conveniencia de determinar valores recomendados los que se determinan con un criterio estándar de colores neutros en paredes de reflejancia entre 30% y 60%, techos blancos con reflejancia mayores a 70%, y edad de alumnos inferiores a 40 años.

El cuadro adjunto contiene los principales ambientes de los locales educativos con sus respectivos niveles de iluminación recomendados:

Ambientes	Iluminancia (lux)
Aulas Comunes	300
Aulas de Dibujo	400
Laboratorios	350
Talleres (Carpintería, Soldadura, Electricidad, Mecánica, Corte-confeción)	400
Talleres (Electrónica)	500
Ambientes Complementarios (Gimnasio, Lavandería, Cocina)	300
Biblioteca (Lectura de Libros y manuscritos a tinta)	350
Hemeroteca (Impresos de bajo contraste)	500
Salas de Cómputo	400
Ambientes Administrativos	300
Servicios Sanitarios y Vestíbulos	150
Circulación y pasillos	150

Si bien la iluminancia es independientes a la fuente de iluminación es decir Natural o Artificial, en casos extremos, cuando los locales educativos no cuentan con fluido eléctrico de la red pública, sino generada por grupos electrógenos o sistemas



fotovoltaicos. Se permite utilizar valores mínimos para iluminación artificial correspondientes al 60% del nivel recomendado.
En locales de educación para personas adultas, mayores a 40 años, considerar 20% adicional a los niveles recomendados en la tabla.

6.3.2 Iluminación Natural

Debemos de conocer las condiciones más favorables para usar la iluminación natural, evitando ambientes demasiados iluminados que ocasionen un resplandor excesivamente molesto, o por el contrario escasez con niveles por debajo de lo recomendado, perjudicando el desempeño del estudiante.

El problema de la luz natural no sólo está en la luminosidad que entra por las ventanas, sino en el diseño total de la edificación, los exteriores (vegetación, pavimentación, obstrucciones, parasoles, carpintería, tipo de vidrios, etc.) es decir, por todo el entorno urbano. Es por ello que el diseño de las ventanas no sólo debe responder a las exigencias de iluminación, sino también de vistas, de control de la luz y aprovechamiento solar, del viento, de control térmico, el polvo, los insectos, seguridad y el ruido.

Para realizar el cálculo básico se tendrá en cuenta la iluminancia exterior mínima, según cada Zona Climática (ver 4.2 Descripción de zonas climáticas y recomendaciones específicas de diseño) y tener en cuenta las peores condiciones de cielo. Los valores indicados por zona son conservadores teniendo en consideración que no existen datos a detalle para el territorio nacional. Además la iluminación exterior dependerá de la distribución de la luminiscencia en el cielo, el cual podrá tipificarse como cielo cubierto uniforme, (Principalmente La Zona 1 y 2) y cielo cubierto no uniforme el resto de zonas.

Se podrá realizar un predimensionamiento, el cual luego se validará en por lo menos dos puntos del ambiente.

Los criterios de predimensionamiento tendrá de referencia el cuadro adjunto:

ZONA CLIMÁTICA	AREA DE VENTANA / AREA DE PISO
1	25%
2	23%
3	18%
4	16%
5	15%
6	15%
7	25% *
8	30% *
9	30% *

* Mayor % por criterios de ventilación.

Los valores de la tabla tienen en cuenta el factor de reducción para el uso de cristales transparentes, carpintería que ocupa como máximo el 20% del vano, obstrucciones producto de vegetación, aleros, construcciones, entre otros menores al 20%. Para situaciones diferentes se aplicará la siguiente ecuación de corrección de % de ambiente, para el precálculo.

$$\text{NUEVO \%} = \% \text{ SEGÚN ZONA} \times \frac{0.85}{\text{TRANSMITANCIA}} \times \frac{0.80}{(1 - \% \text{ CARPINTERIA})} \times \frac{0.80}{(1 - \% \text{ OBSTRUCCIONES})}$$

Ejemplo: Para valores diferentes de transmitancia, carpintería y obstrucciones:
Zona 3 Transmitancia = 75% Obstrucciones 30% Carpintería = 10%

$$\text{NUEVO \%} = 18 \% \times \frac{0.85}{75\%} \times \frac{0.80}{90\%} \times \frac{0.80}{70\%} = 20.72\%$$

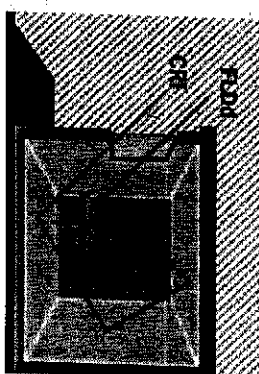


A continuación señalaremos un método simplificado para obtener el nivel de iluminación en un plano horizontal al interior del ambiente, para ello haremos referencia a algunos conceptos. Para luego ver un ejercicio sencillo de aplicación. El factor de la luz diurna Corregido (FLDc) en un punto al interior de un ambiente, es la razón de la iluminación interior (Eint) entre la exterior (Eext) según la zona climática. Por lo tanto El nivel de iluminación interior queda expresado por la siguiente fórmula:

$$E_{int} = FLDc \times E_{ext}$$

Donde FLDc queda expresado por la suma de los componentes. Componente que se al Factor de Luz de día directo (FLDd) el componente de reflexión interna (CRI) y por último el componente de reflexión externa (CRE) el cual para este caso no se considerará, porque su aporte es mínimo. Estos componentes son multiplicados por los factores de reducción como obstrucciones, variaciones de mantenimiento, etc. Para el Factor de Mantenimiento se usará = 0.80.

$$FLDc = FLDd + CRI + CRE$$



A. Cálculo del Factor de luz de día Directo (FLDd)

El cálculo considera dos posibles condiciones de cielo cubierto, las que se detallan a continuación:

Cielo cubierto uniforme (CCU). Típico cielo de Lima, donde se aprecia que no se definen claramente las sombras, debido a que la luz llega de manera uniforme de todas las direcciones. El FLDd queda expresado por la siguiente fórmula:

$$FLDd = (Atg M - R \times (Atg M \times R)) / 3.6$$

$$\text{donde } M = L/D \quad T = H/D \quad \text{y} \quad R = 1/\sqrt{1+T^2}$$

L es ancho de la ventana, H la altura y D, la distancia perpendicular al punto a calcular

Cielo cubierto no uniforme (CCNU). Típico cielo de Sierra, cubierto por nubes, y distribución de la luz mayor hacia el zenit. El FLDd queda definido por la siguiente fórmula:

$$FLDd (CCNU) = (3/7) \times FLDd (CCU) \times (1 + 2 \sin \phi)$$

donde ϕ es el ángulo que forma la bisectriz, medida desde la línea de horizonte. En el ejemplo de aplicación se aprecia a detalle el cálculo.



B. Cálculo del Coeficiente de Reflexión interna (CRI).

Por razones de simplificación de cálculo, el valor de CRI lo obtendremos directamente del cuadro adjunto. Para ello de deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones respecto a las reflejancias:

- **Techos:** superior a 0.70 equivalente a tonalidades de blanco.
- **Muros:** entre 0.50 a 0.60, colores claros como: cremas, beige, celeste claro o blanco humo.
- **Pisos:** Materiales o colores de piso con una reflejancia mínima a 20%, siendo lo recomendable superiores a 40% para un mejor aprovechamiento de la luz natural, sobre todo cuando las condiciones de diseño obliguen a trabajar con área de vano mínimas.

C. Ejemplo de aplicación:

La iluminancia interior de un ambiente dependerá de múltiples factores como el tamaño de la ventana y la posición respecto al punto a calcular, la capacidad reflectante de la superficie que lo rodea, calidad de vidrio, mantenimiento, entre otros factores. A continuación se plantea un ejercicio para un salón de clases típico.

El objetivo es calcular el nivel de iluminación que llega al punto "P", producto de las ventanas, se encuentra en la zona climática 2. Reflejanza de Muros 0.5, Piso 0.20, techo 0.7, factor de mantenimiento bueno = 0.8, La carpintería ocupa 10% del Vano y tiene 2% de obstrucciones, Transmitancia 0.85.

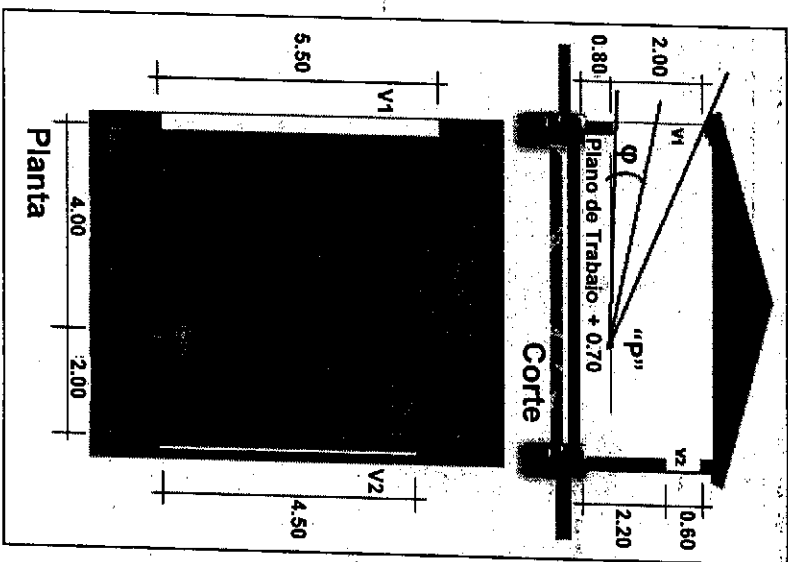
AV % AP	FACTOR DE REFLEXION DEL PISO			FACTOR DE REFLEXION DEL MURO		
	10	20	40	50	50	50
	%	%	%	%	%	%
10	.3	.45	.65	.3	.45	.65
15	.5	.65	.9	.5	.65	.9
20	.7	.9	1.2	.7	.9	1.2
25	.8	1.15	1.45	.8	1.15	1.45
30	1.0	1.2	1.7	1.0	1.2	1.7
35	1.1	1.4	1.95	1.1	1.4	1.95
40	1.3	1.6	2.2	1.3	1.6	2.2
45	1.4	1.8	2.4	1.4	1.8	2.4
50	1.5	1.9	3.6	1.5	1.9	3.6



Para ello se ubica el punto donde estimamos que es el lugar más desfavorable, es decir con menor ingreso de luz del aula. Este punto por ningún motivo podrá tener un nivel de iluminación 30% por debajo del valor recomendable, recordemos que el valor se incrementará rápidamente conforme avance el día, estimándose esta recuperación antes de las 10 a.m.

Datos Generales:

Aula de 6.00 m x 8.00 m x 2.80 m y el punto "P" se encuentra a 4.00 m de la ventana 1 y a 2.00 m. de la ventana 2
 Ventana 1: Ancho 5.50 m Alf. 0.80 m Altura 2.00 m.
 Ventana 2: Ancho 4.50 m Alf. 2.20 m Altura 0.60 m



Cálculo de la Ventana 1			
L =	5.50	M =	1.375
H =	2.10	T =	0.525
D =	4.00	R =	0.885
		FLDd =	2.548%
Restar parte del Muro:			
L =	5.50	M =	1.375
H =	0.10	T =	0.025
D =	4.00	R =	0.9997
		FLDd =	0.007%
FLDd (CCU)	V1 =	2.541%	
	$\phi =$	14.56°	
FLDd (CCNU)	V1 =	1.633%	
Área ventana			
			13.70
Área de piso			
			48.00
AV/AP =			
			29%
CRU			
			1.19%
Mantenimiento			
			0.8
Transparencia			
			0.85
obstrucciones			
			2%
Capiteria			
			10%
Factor de Reducción			
			0.8 x 0.85 x 0.98 x 0.90
FR			
			0.60

Cálculo de la Ventana 2			
L =	4.50	M =	2.25
H =	2.10	T =	1.05
D =	2.00	R =	0.690
		FLDd =	7.386%
Restar parte del Muro:			
L =	4.50	M =	2.25
H =	1.50	T =	0.75
D =	2.00	R =	0.8000
		FLDd =	4.800%
FLDd (CCU)	V2 =	2.585%	
	$\phi =$	41.63°	
FLDd (CCNU)	V2 =	2.582%	
Zona Climática 2			
FLDc % = (FLDd + CRU) x FR			
Iluminancia exterior de la Zona			
			6,000 luxes
FLDc (CCU)%			
			3.788%
Luxes :			
			227.287
Porcentaje respecto al valor recomendado			
			66%
Dentro del Límite Permitido			

D. Criterios generales de iluminación.

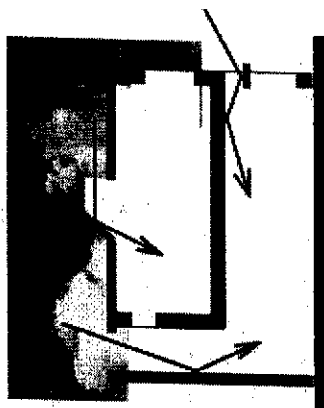
En el ejemplo anterior, se aprecia un buen porcentaje de área de ventana respecto al área de piso, siendo la distribución resultante buena. Las construcciones de un piso tienen ventajas desde el punto de vista lumínico, ya que permiten aprovechar de iluminación cenital, así como la facilidad de acceso a discapacitados. En los casos de dos niveles o más, se podrían utilizar conductos de sol y repisas.



Zona con Alta Precipitación



Zona con baja o nula Precipitación



Zona de primer piso, con uso de repisas y Conductos de sol



6.3.3 Iluminación Artificial

Para la enseñanza, la calidad de la iluminación es fundamental. Por lo general la en muchos locales educativos no se cumplen los niveles de iluminación adecuados. La guía pretende dar algunas reglas sencillas para obtener una buena iluminación.

Uno de los principales problemas con bajo nivel de iluminación es que provocan cansancio mental, permiten la distracción, mala postura. Sin embargo el exceso de luz no controlado genera deslumbramiento, reflejos molestos y fuertes contrastes.

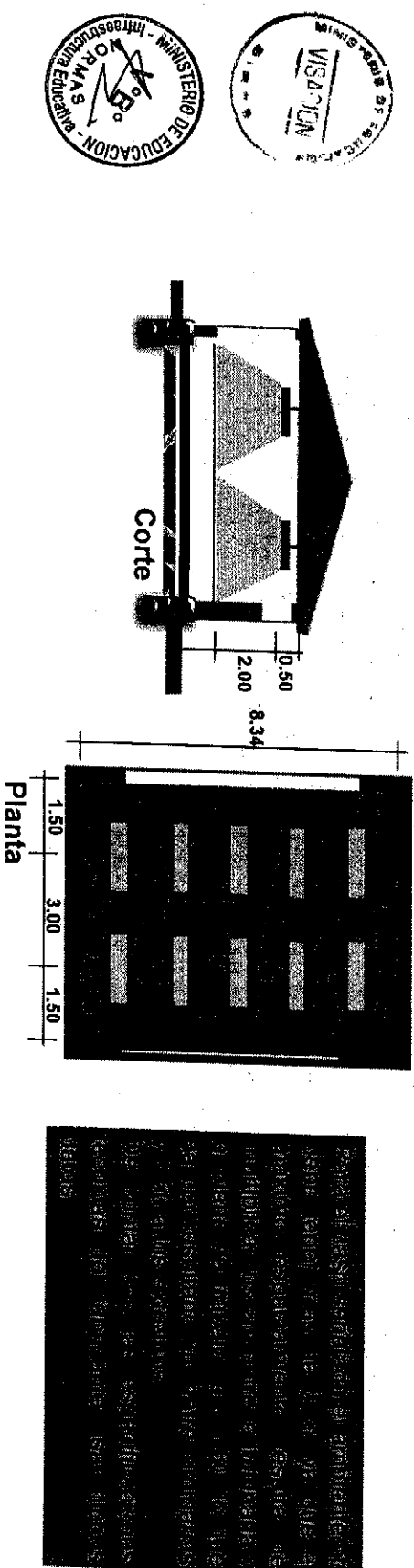
Las lámparas adecuadas son las fluorescentes incluyendo a los ahorradores de energía. (Lámparas compactas). Debe evitarse lámparas incandescentes, pues tienen un alto consumo y baja eficacia así como horas útiles reducidas.

Los fluorescentes más usados son el tipo luz de día y luz blanca de 40w cuyo flujo luminoso varía entre 2450 a 3200 lúmenes e índices de reproducción cromática superior a 75. Se recomienda utilizar luz de día ó luz blanca.

A continuación se explicará un método sencillo para un cálculo de referencia, el cual tiene como premisa la utilización de luminarias de luz directa, con un coeficiente de utilización (CU) para un salón de dimensiones promedio de 0.75 y un factor de mantenimiento (FM) equivalente a 0.8, la cantidad de lúmenes de referencia para un salón de clase queda definida por la siguiente expresión.

$$\text{Lúmenes totales para un salón de clase} = (\text{área} \times \text{Luxes requeridos}) / (\text{CU} \times \text{FM})$$

Para un salón de clases de 50 m² tendríamos 25000 Lm. lo que equivale a un aproximado de 10 fluorescentes tipo Luz de día, el criterio de agrupamiento dependerá de la distribución la cual debe seguir la siguiente norma, la separación entre luminarias no debe sobrepasa 1.5 veces la distancia entre la parte baja de la luminaria y el plano de trabajo. De preferencia utilizar las tablas del fabricante para obtener valores exactos de CU y factor de espaciamiento. A continuación veremos un ejemplo:



6.4 VENTILACION

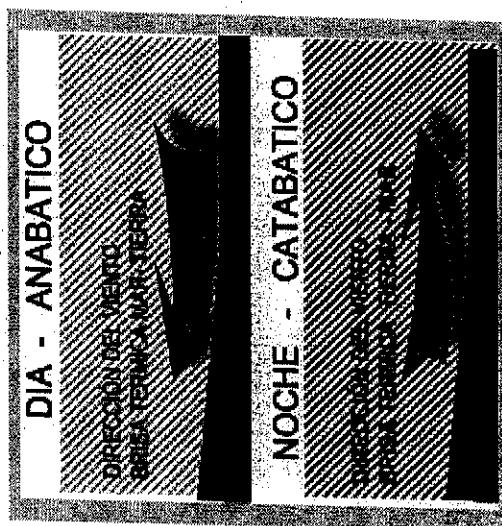
6.4.1 Vientos en el Perú

El Perú lo hemos dividido en 9 zonas de acuerdo a los diferentes climas según Köppen y tiene alrededor de 28 climas según la clasificación de Thornthwaite, pero los factores que determinan su clima son: El Anticiclón del Pacífico Sur que es una célula de alta presión, regulador de la circulación, sopla en sentido antihorario, la Corriente Peruana o de Humbolt y la Cordillera de los Andes que actúa como efecto de barrera.

A) Costa Peruana:

En la costa peruana se alternan en el día y la noche las brisas de mar y las brisas de tierra. Por ejemplo en Ica, tenemos las "paracas", debida a la gran diferencia de temperaturas entre el mar y el desierto, movilizándose abundante arena.

Durante el día cerca de grandes áreas acuáticas, la brisa sopla del agua hacia la tierra debido a que esta se calienta más rápido que el agua, este proceso se denomina Anabático. De noche se produce lo contrario, la tierra se enfría más rápido que el agua, la brisa sopla desde la tierra para reemplazar el aire que se eleva sobre el agua por convección natural, a este proceso se le denomina Catabático.



B) Sierra Peruana

En nuestra sierra es común la presencia de la brisa del valle, la cual sopla en el día desde las quebradas hacia cuesta arriba y de noche en sentido contrario.

C) Selva Peruana

En la selva, en forma leve soplan los vientos alisios provenientes del sur-este.

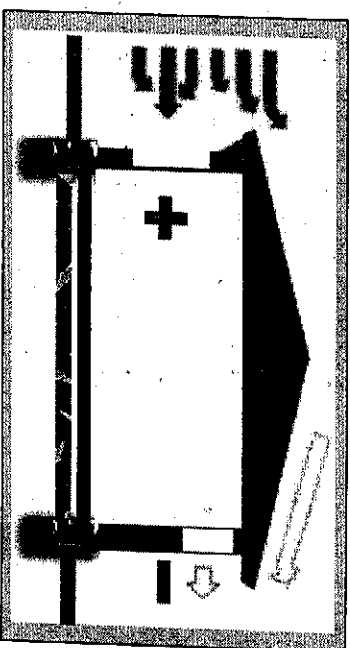
Según observaciones del satélite, por medio de fotografías en infrarrojo, durante el fenómeno del niño, el aire cálido, viene del Atlántico, este luego de ascender produce fuertes lluvias en la ceja de selva, atraviesa la cordillera y baja a la costa ya seco y caliente, dando lugar al llamado "colchón" de nubes propia de la margen occidental de nuestros andes.

Debido a la orientación y configuración de la cordillera de los andes, considerada como una barrera por sus 5,000 mts. de altura a lo largo del Ecuador, Perú y Chile, nos aísla del sistema eólico de la amazonia, resultando dominado por los vientos tropicales del este. Normalmente el aire frío del oeste, pareciera dominar las altas capas de nuestra atmósfera y trasmontando los andes, llega a la amazonia donde interacciona con los vientos provenientes del este, la convergencia produce grandes precipitaciones.

6.4.2 Tipos de Ventilación

A) Ventilación natural

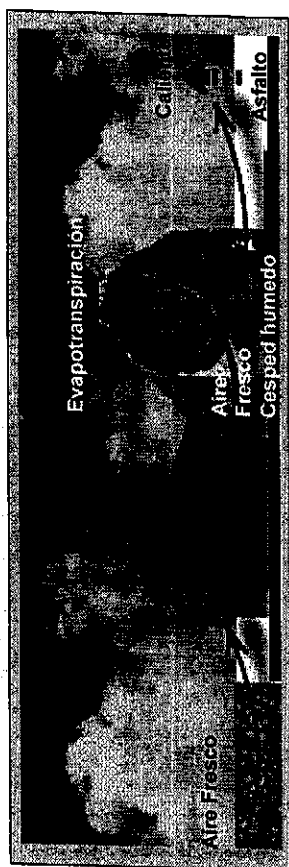
Se denomina ventilación natural al proceso de intercambio de aire del interior de una edificación por aire fresco del exterior, sin el uso de equipos mecánicos que consuman energía tales como acondicionadores de aire o ventiladores. El movimiento del aire se origina por la diferencia de presiones, la cual tiene dos fuentes: gradiente de temperaturas o efecto dinámico del viento al chocar contra la edificación. En las regiones tropicales, el movimiento del aire de origen térmico puede ser despreciable, dada la poca diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior.



B) Ventilación forzada

Por el contrario, la fuerza dinámica provee mayor velocidad y remoción del aire a los ambientes interiores, factor de suma importancia para el confort térmico en climas cálidos.

La ventilación natural, utilizada en combinación con el aislamiento, la masa térmica y las protecciones solares, pueden reducir o eliminar la necesidad del aire acondicionado en los espacios interiores. Para maximizar las oportunidades de ventilar naturalmente en los salones de clases deben asegurarse un estricto acceso a los vientos exteriores. La velocidad del aire en un ambiente está condicionada por la velocidad del viento incidente y de los campos de presión que se generan alrededor de la edificación, los cuales están determinados por la implantación y forma de la edificación, la permeabilidad de las fachadas y la distribución interior de los ambientes.



El aire caliente tiende a elevarse. Se generan corrientes de aire fresco por la sombra y por la evapotranspiración.

El comportamiento del aire alrededor y dentro de la edificación está regido por los siguientes principios:

El movimiento del aire dentro de las edificaciones se basa en el principio básico del «equilibrio de presiones» entre los ambientes. En la medida en que se mantenga una diferencia de presiones, se produce un proceso continuo de circulación del aire. Al chocar con la edificación el viento provoca diferencias de presión entre los lados. De esta manera, el aire se desplaza desde la zona de barlovento (presión +) a la de sotavento (presión -), a través de las aberturas.

El aire tiende a entrar por las aberturas de cara a la incidencia del viento y a salir por las aberturas restantes, en función de las dimensiones, de la ubicación y del tipo de ventana. Si un ambiente tiene sólo un orificio hacia el exterior, allí se crea una zona neutral donde el aire entra por arriba y sale por debajo, con escasa renovación del mismo.



6.4.3 Recomendaciones para el diseño en función de la ventilación

Para aprovechar eficientemente la ventilación natural, la edificación y los componentes constructivos deben orientarse convenientemente; también deben disponerse aberturas y ventanas que promuevan la ventilación cruzada en el interior de los ambientes. Algunas regiones presentan condiciones de viento y de temperatura del aire que permiten acondicionar los espacios de forma natural. Una apropiada respuesta arquitectónica debe tomar en cuenta además las características del terreno, el contexto urbano.

Las estrategias de diseño pueden resumirse entonces, en las siguientes recomendaciones:

- Adecuada implantación y forma de la edificación para producir mayor movimiento del aire alrededor y dentro de los ambientes.
- Utilización del paisajismo para canalizar el movimiento del aire.
- Ubicación y tamaños de vanos que estimulen la circulación y renovación del aire.
- Alta permeabilidad en las fachadas y en los cerramientos interiores.
- Ventilación cruzada.

Recomendaciones generales por tipo de clima:

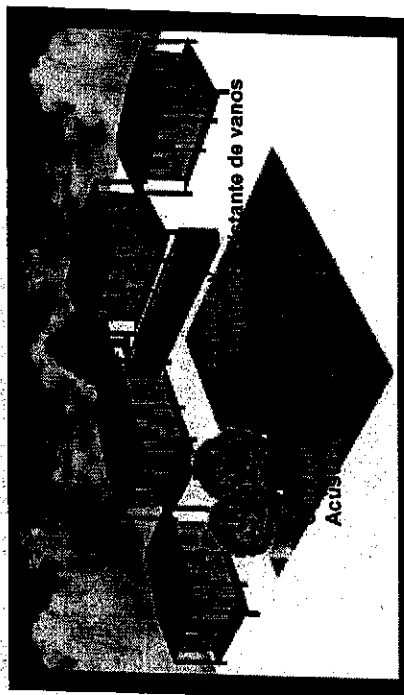
- Zona muy cálida y cálida
Subzona húmeda: ventilación cruzada, fundamental, por el beneficio de la velocidad del aire, para disminuir el "disconfort".
Subzona seca: Ventilación selectiva. Mayor cuidado con la sensible reducción de ventilación generada por las protecciones contra insectos en espacios semicubiertos (galerías, balcones, terrazas, patios).
Vientos: Son predominantes por lo que se deberán crear zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire.
- Zona templada cálida
Se evitará la ventilación cruzada en la subzona seca, favoreciendo la ventilación selectiva y lo inverso en la subzona húmeda.
- Zona templada fría
En la subzona secas se recomienda ventilación selectiva con inercia térmica y en la subzona húmeda deberá controlarse la infiltración en el periodo invernal y favorecer la ventilación cruzada en el verano.
- Zona fría
Debe evitarse los vientos presentes a lo largo del año, favoreciendo la estanqueidad del edificio con un eficiente control de las infiltraciones.



6.5 ACUSTICA

6.5.1 Fuentes de ruido en locales educativos

Varias son las fuentes de ruido en los locales educativos. En primer lugar, afectando a las aulas que dan a la calle, tenemos el ruido del tránsito. Una segunda fuente son los gritos de los niños. Esta fuente es especialmente importante en clases de actividades prácticas, así como en clases de gimnasia u otras en las cuales el silencio no sea condición imprescindible.



En los locales educativos con aulas taller, una fuente importante puede ser las maquinarias (por ejemplo en aulas de carpintería, o de metalurgia)

6.5.2 Propiedades acústicas de las aulas

Son seis las principales propiedades acústicas de las aulas, las que tienen una gran incidencia en el nivel de ruido al cual se encuentran sometidos alumnos y docentes.

A) Volumen de la sala

El volumen de la sala depende del número de personas que se desea acomodar y de la actividad principal que se va a desarrollar. Para Salones de Clase se estima un volumen inferior a 200 m³.

Tipo	Volumen (m ³) por persona		
	Mínimo	óptimo	máximo
Aula, Salones de Clase	2.3	4.0	5.1



B) Densidad del alumnado

La densidad del alumnado incide en la absorción y el tamaño de la planta del salón de clase. La absorción del alumnado, no es proporcional a la cantidad de personas, sino al área que ellas ocupan. En otras palabras, mientras más separadas estén las butacas mayor será su absorción. De tal forma que el número de asientos es tan importante como la separación que se entre ellos.

C) Inteligibilidad de la palabra

Un aula tendrá una buena o mala acústica, dependiendo del grado que se entiendan las palabras. La inteligibilidad de la palabra depende de varios factores, tales como: El tiempo de reverberación, el ruido de fondo y la forma del local educativo. Estadísticamente se realizan pruebas para determinar el índice de articulación, que es una forma de estimar la inteligibilidad.

El porcentaje de inteligibilidad nos sirve para poder clasificar el grado de corrección acústica de una sala:

Inteligibilidad del 90%	Muy Bueno
Inteligibilidad del 85%	Satisfactorio
Inteligibilidad del 70%	Regular
Inteligibilidad del 65%	Mal
Inteligibilidad < 65%	Inaceptable

El método más sencillo se realiza distribuyendo 9 alumnos en el salón y realizando un dictado de 100 monoslabos, la cantidad de aciertos determinará la calidad acústica. Por lo general se repite el proceso un mínimo de 6 veces rotando al alumno de sitio y cambiando a la persona que realiza el dictado. Así mismo el orden de las palabras a dictar es modificado.

D) Tiempo de la reverberación:

Es decir la persistencia del sonido dentro de un ambiente interior aun después de interrumpida la fuente. Se produce a causa de Las sucesivas reflexiones o "ecos del sonido", ya que en cada reflexión se pierde una cantidad muy pequeña de energía sonora. El efecto de la reverberación es doble. Para empezar, produce un refuerzo del nivel sonoro, lo cual hasta cierto punto es conveniente, ya que produce una especie de amplificación natural del sonido que facilita al docente dirigirse con emisiones moderadas de voz a una audiencia numerosa. Sin embargo, una persistencia del sonido durante un tiempo prolongado, es decir un elevado tiempo de reverberación, genera una disminución de la inteligibilidad de la palabra. La inteligibilidad depende fundamentalmente de la correcta transmisión de las consonantes, que son más cortas y más débiles que las vocales. La excesiva reverberación se puede corregir mediante el uso de apropiados materiales absorbentes.



Para la frecuencia de 512 Hertz que es la que predomina en el uso de la palabra, el tiempo de reverberación para un salón de clase no debe sobrepasar 0.44 segundos, y 0.37 segundos cuando tenga apoyo electroacústico. Para ambientes con volúmenes (V) mayores a 200 m³ se podrá utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de Reverberación Óptimo} = 0.075 \times (V)^{1/3}$$

Si el ambiente posee apoyo electroacústico multiplicar el resultado por =0.85. Este valor debe verificarse con los valores obtenidos con la fórmula de Milington:

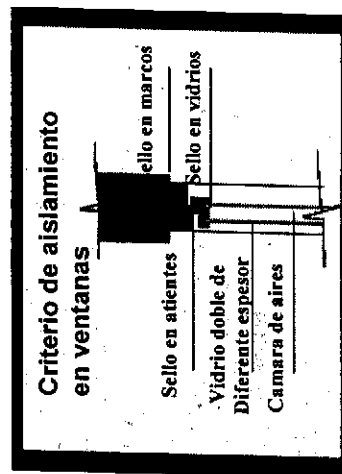
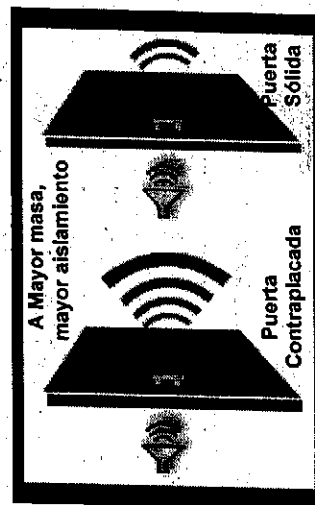
$$\text{Tiempo de reverberación} = (-0.161 \times V) / (\ln(1-\sigma^2) + \ln(1-\sigma^2) + \dots + \ln(1-\sigma^n)) \text{ donde } \sigma \text{ es el coeficiente de absorción de las diferentes superficies, } \ln \text{ es el logaritmo neperiano y } V \text{ es el volumen del salón.}$$

En las salas de reuniones y cafeterías escolares, el tiempo de reverberación debe ser de menos de 1 segundo. En los campos de juego, el nivel de sonido del ruido de fuentes externas no debe exceder 55 dB LAeq, el mismo valor dado para áreas residenciales exteriores durante el día.

El nivel de ruido interno con el aula llena no debe sobrepasar los 40 decibeles, para lo cual consideraremos las distintas fuentes de ruidos probables y el aislamiento de las mismas.

E) Aislamiento acústico

Es decir la capacidad de los muros, aberturas y tabiquería para impedir el paso del sonido del exterior hacia el interior del aula o viceversa. El aislamiento depende fundamentalmente del espesor de las paredes y de la densidad de las mismas, así como del cuidado de un perfecto ajuste de las aberturas, es decir evitando filtraciones, logrando la hermeticidad. Las rendijas por debajo de una puerta o en el perímetro de una ventana pueden echar por tierra el aislamiento de una gruesa pared de mampostería.



F) Resonancias

Debido a las reflexiones en superficies opuestas, existen ciertos tonos para los cuales la reverberación se vuelve muy notable, lo cual produce un efecto desconcentrador. Esto se suele producir en las aulas pequeñas o con techo bajo, y muy particularmente con las voces masculinas, ya que el efecto es más notable con los tonos graves.

6.5.3 Recomendaciones para el diseño en función de la Acústica

Pasos a seguir en el Acondicionamiento Acústico de un local educativo.

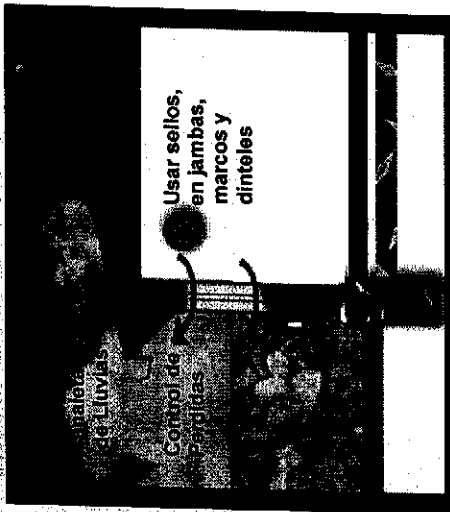
- Selección del lugar a diseñar.
- Determinación de las posibles fuentes de ruido.
- Distribución de espacios.
- Diseño de aislamiento.
- Diseño del control de ruido.
- Diseño del tamaño y forma del local.
- Selección y distribución del material Absorbente y Reflectante.
- Supervisión de la construcción en relación a las juntas y otros acabados finales.
- Supervisión de la instalación de los materiales absorbentes y reflectantes.
- Inspección, verificación y medición final al concluir la obra.



6.6 RECOMENDACIONES GENERALES RESPECTO AL CONTROL DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES

Como la precipitación es un elemento del clima que influye en la humedad relativa, vegetación y contaminación, desde el punto de vista arquitectónico, resulta ser un parámetro importante en algunas zonas climáticas debido a su frecuencia, a la elevada o escasa cantidad que puede caer y a su estado físico, porque ello nos determinará el tipo de cubierta a utilizar, su inclinación y el material constructivo a emplear. Así mismo puede proveer a los locales de agua no potable para determinados usos como en servicios higiénicos.

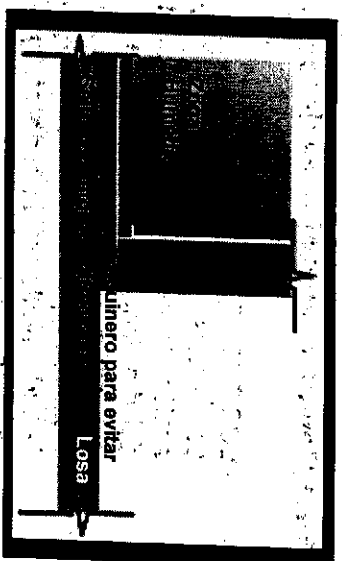
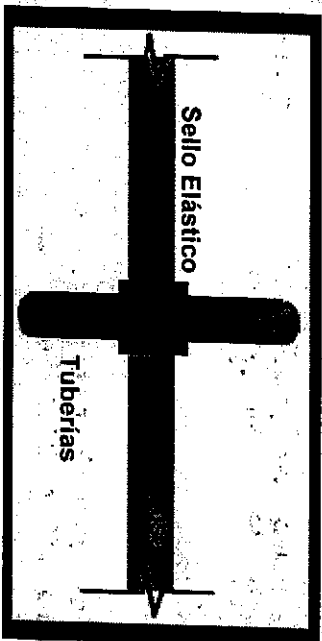
- Considerar el diseño de canales recolectores y bajadas de aguas de lluvias en cuanto a dimensiones, pendientes y barrera contra la humedad. Tener en consideración la protección en muros, sobre todo cuando se incluya como variable el viento, ya que esto genera que la lluvia caiga de manera perpendicular.
- Controlar la recolección y evacuación de aguas lluvias mediante canales recolectoras, drenajes en terreno o escurrimiento superficial controlado.
- Diseñar las ventanas y puertas, controlando el estancamiento del agua, en los encuentros de marcos con los vanos y en las hojas o batientes con dichos marcos a fin de evitar el ingreso de agua por las posibles perforaciones o rendijas. Se recomienda considerar la normal evacuación de agua en elementos componentes como: alféizar, dinteles y jambas, diseñando teniendo presente la configuración del terreno en cuanto a su composición, presencia de capas subterráneas y cursos de aguas superficiales que podrían afectar la construcción, para lo cual se deberían considerar los estudios correspondientes y controlar las afecciones detectadas, principalmente referidas a aguas ascendentes, incorporando barreras contra la humedad.



- Considerar las pendientes adecuadas para los techos de acuerdo a las distintas zonas climáticas señaladas a partir de la página 16, al tipo y material de las cubiertas propuestas, controlando traslapes longitudinales y transversales, los botaguas, corta goteras y derrames correspondientes. Tener en consideración la dirección de vientos predominantes.



- Considerar el diseño y especificación de la impermeabilización de pisos en zonas húmedas interiores, controlando su correcta ejecución en obra asegurando su continuidad, retorno de dicha impermeabilización en el plano, vertical, evitando los ángulos rectos, y el sellado de rendijas y uniones.



- Considerar en el diseño, especificación y control del proceso constructivo de las instalaciones interiores de agua y desagüe, estas precauciones permitirán evitar posibles filtraciones.



6.7 MATERIALES

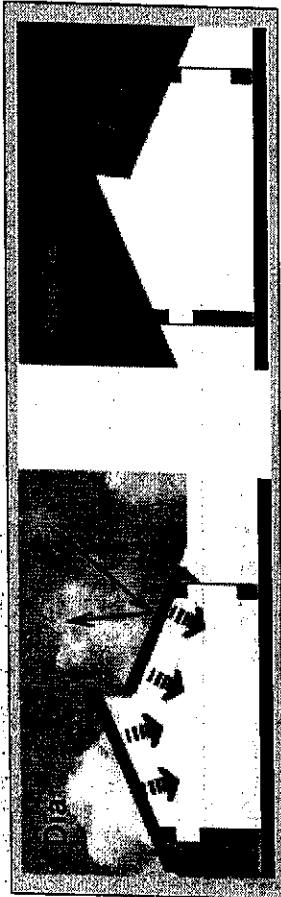
6.7.1 Conductividad térmica de los materiales

A) LOS TECHOS

Los techos horizontales están expuestos a la acción de los rayos del sol durante 12 horas del día, independientemente de la orientación del edificio. No sucede así con los techos inclinados, pues en este caso dependerá de la latitud, ángulo con la horizontal y la orientación de los mismos.

Esto lo convierte en uno de los elementos más críticos de la construcción en relación con la ganancia por conducción de la energía solar.

Las regiones situadas en latitudes próximas al Ecuador reciben los rayos del sol casi perpendicularmente durante todo el año, las ciudades del Perú están situadas entre los 0° a 18° de latitud Sur.



Por esta razón, en nuestra latitud es muy importante, al diseñar los techos, elegir materiales con una conductividad que deje pasar la menor carga térmica posible hacia interior de las construcciones y orientarlos adecuadamente. Asimismo, el techo, por su posición es el que mas irradia al espacio durante la noche y esta característica debe ser aprovechada para perder el calor acumulado durante el día, en las horas más frescas de la noche para zonas calidas y evitarlo en zonas frías.

B) LOS MUROS

Los muros exteriores son los cerramientos fijos de la edificación que tienen una menor incidencia que el techo en las condiciones de bienestar térmico del espacio interno. En nuestra latitud, los rayos inciden durante todo el año oblicuamente en relación con los planos verticales (paredes) por lo que la ganancia de calor se reduce; esta reducción de la cantidad de calor que pasa hacia el interior de una edificación, redunda en el bienestar térmico de sus ocupantes. Si tenemos un aula con cuatro caras orientadas hacia los cuatro puntos cardinales, las que se orientan hacia el Este y el Oeste son afectadas por la radiación solar en mayor medida que las del Norte y del Sur. La fachada Norte recibe los rayos del sol desde Marzo hasta Setiembre y con ángulos de altitud solar grande, lo cual hace que, con pequeños aleros, puedan protegerse las paredes que dan hacia el Norte.

Las fachadas Este y Oeste están muy poco favorecidas pues reciben sol durante medio día toda la mañana la fachada Este y toda la tarde la fachada Oeste, las protecciones que se requiere colocar deben ser de mayor amplitud,



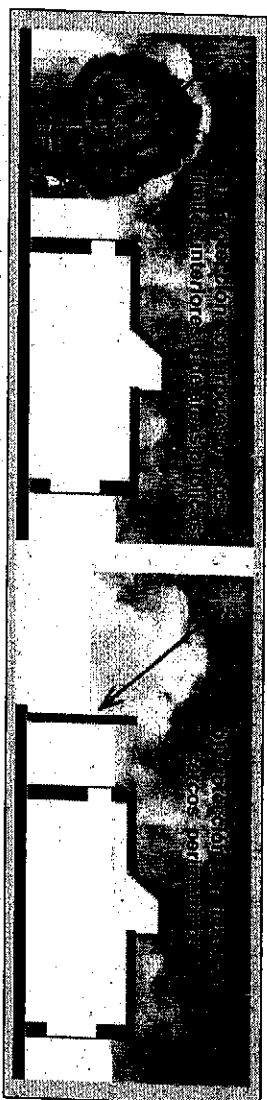
siguiendo el método de cálculo explicado en la presente guía. De requerir abrir vanos en estas orientaciones tener en cuenta el uso de aleros o parasoles.

En zonas cálidas, si las paredes están a la sombra no es necesario el aislamiento térmico, si están expuestas a la radiación solar, un buen aislamiento evita la elevación de la temperatura interior.

En muros o paredes exteriores con exposición de la radiación es conveniente utilizar acabados de superficie que sean buenos reflectores, para reducir la ganancia de calor hacia el interior. (Ver cuadro de recomendaciones según zona climática)

El tratamiento exterior de las paredes debe tomar en cuenta dos aspectos:

- Que es parte de un espacio público o privado, exterior. Ver gráfico (a).
- Que se puede utilizar para rechazar parte de la radiación solar incidente. Ver gráfico (b).



Pero puede ocurrir que un acabado favorable para el primero, sea de poco beneficio para el segundo, en ese caso será preciso buscar la combinación mas adecuada. Para ese tipo de situaciones, la vegetación es el mejor elemento para sombrear las paredes sin embargo, cuando esto no es posible, se pueden utilizar elementos de protección solar separados de la pared para permitir la ventilación, y la remoción del calor. Por ejemplo las pérgolas.

C) LAS VENTANAS

En un clima como el nuestro, no se puede concebir un vano sin pensar en la protección solar que requiere. Si no tiene una protección adecuada, la cantidad de calor que penetra en la habitación a través de él es muy elevada; la ventana, por ejemplo, es el elemento de la construcción que permite el paso de la mayor cantidad de carga térmica. Las funciones de los vanos en el clima cálido - húmedo son en primer lugar permitir el paso del aire libremente y protección solar en las paredes.

- Orientar la corriente de aire hacia el espacio habitado.
- Asegurar la protección contra la radiación solar directa y difusa.
- Garantizar el aislamiento de ruido evitando el paso de ruido a las aulas contiguas.



- Limitar la cantidad de luz que penetra al aula, dejando pasar una cantidad suficiente.
- Permitir visuales hacia el espacio exterior; y
- Contar con una protección contra robos.

En el área de las ventanas, hay que asegurar una buena ventilación y a la vez evitar la excesiva iluminación. Se requieren amplias superficies de vidrio y amplias aberturas para ventilación. Seguir las recomendaciones según zona climática.

La excesiva área vidriada en climas cálidos ocasiona un calentamiento excesivo en el interior del aula, como consecuencia del "efecto de invernadero" ya que es transparente a la radiación proveniente del sol (ondas cortas e infrarrojas), pero opaco a la radiación que emiten los objetos al calentarse dentro, las ventanas orientadas directamente al sol, producen excesiva ganancia de calor hacia el interior. Para evitar o reducir el calor, generalmente, se colocan cortinas que bloquean la vista y entonces la ventana deja de cumplir su función como proveedora de visuales y luz natural.

Tener presente que algunos materiales absorben mas la radiación que otros y otros las emiten más. Por lo tanto, se deben emplear adecuadamente para disminuir el impacto de la radiación. Así pues, el uso de materiales que reflejan la radiación en vez de absorberla y que emitan rápidamente o devuelvan al exterior la que han absorbido, permite mantener temperaturas bajas dentro del edificio.

Por otra parte, si una superficie refleja una gran proporción de la radiación que incide sobre ella, debe absorber muy poca cantidad de la radiación recibida. Lo mismo sucede con las superficies brillantes que son buenas reflectores y pobres absorbentes, igual pasa con las superficies mates ó rugosas de colores oscuros que son buenos absorbentes y malos reflectores.

Sin embargo, se debe tener cuidado de no asociar el color de una superficie con su capacidad para absorber o emitir radiación infrarroja (longitud de onda mayor de 3 micras). Esto se debe a que el modo en que el material de una superficie determinada absorbe y refleja la radiación visible (longitud de onda menor a 2.6 micras), no tiene, necesariamente relación proporcional, con su capacidad para absorber y reflejar radiación infrarroja.

Cuando la energía solar incide sobre los edificios, prácticamente toda se encuentra distribuida en longitudes de onda menores a 2.6 micras, correspondiente a la radiación ultravioleta y visible, con longitudes de onda comprendidas entre 0.2 a 0.7 micras, y radiación infrarroja corta con longitudes de onda que llegan hasta 2.6 micras, mientras que un cuerpo que alcance una temperatura próxima a los 100 °C emite casi la totalidad de su energía radiante con longitudes de onda mayores de 3 micras. Así por ejemplo el intercambio térmico entre un edificio y sus alrededores se hace por medio de ondas largas infrarrojas, con longitudes de onda comprendidas entre 5 y 20 micras, que son reflejadas sin depender del color de la superficie sobre la que incide, sino de la densidad y composición molecular de dicha superficie.

En las zonas cálidas deben considerarse los efectos combinados de reflectividad y emisividad de los materiales. Si las superficies expuestas a la irradiación del sol y del cielo despejado se cubren con cal, se pintan de blanco o se construyen con materiales claros, permanecerán más frescas que las superficies de un metal pulido como el aluminio. Pues a pesar de que el aluminio tiene una reflectividad mayor a la radiación solar, el efecto se compensa por la capacidad de emisividad de la superficie blanca que pierde calor hacia el cielo por radiación.



Este principio explica el por que de los exteriores blancos de las edificaciones tropicales. Sin embargo, si los mismos materiales están expuestos, no solo al sol, sino al suelo caliente en donde la superficie blanca no es capaz de perder calor a pesar de su elevada emisividad, el aluminio pulido será el material más fresco.

La forma en que se transmite el calor absorbido hacia el interior, depende de las características térmicas del material utilizado. Dichas características dependen de gran número de factores: la conductividad térmica, el espesor y la densidad, la posición de las capas o cavidades aislantes dentro de la construcción. El poder absorbente respecto de la radiación solar y la emisividad de la radiación a baja temperatura.

La combinación de estos factores permite reducirlos a tres variables principales:

- Coeficiente de transmisión térmica de aire a aire, "U"
- Factor de calor solar (flujo calorífico extra causado por la radiación solar).
- Tiempo de transmisión térmica.

El uso de estas variables se ha tenido en consideración para generar las recomendaciones por cada zona climática, así mismo se adjunta cuadros con datos de radiación térmica y solar para diferentes materiales, así como valores de conductividad térmica para los principales materiales de la construcción. Ver Anexo A. Su aplicación no se realiza de manera directa, y es parte del balance térmico.



6.8 USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables provienen de fuentes inagotables y menos contaminantes permitiendo además eliminar la dependencia en los casos de países importadores de petróleo así mismo permite contar con energía en donde por razones de infraestructura no es viable el uso energías convencionales.

6.8.1 Energía Solar

Dependiendo de la forma de aprovechar esta radiación que nos llega del sol se distinguen tres tipos de energía solar:

Energía Solar Fotovoltaica: La radiación solar se utiliza exclusivamente para generar corriente eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

Energía Solar Térmica: La radiación solar se utiliza fundamentalmente para obtener calor por medio de colectores solares, aunque también puede generarse electricidad a partir de vapor.

Energía Solar Pasiva: La radiación solar se aprovecha para mejorar el confort térmico en un edificio por medio de elementos arquitectónicos bioclimáticos.
Estas dos últimas tratadas en capítulos anteriores.

La transformación directa de la energía solar en electricidad mediante la conversión fotovoltaica presenta ventajas claras dadas por su sencillez, modularidad, fiabilidad y operatividad.

La tecnología disponible en la actualidad hace que las instalaciones fotovoltaicas tengan un interés y una rentabilidad especiales en aquellos lugares alejados de la red eléctrica, de manera que en muchos casos constituyen la mejor opción en términos económicos, de operatividad y de fiabilidad de suministro.

Los usuarios de las instalaciones fotovoltaicas autónomas tienen que gestionar un sistema de generación, acumulación y transformación de la energía eléctrica, por lo que deben comprender sus características, posibilidades y limitaciones, y participar, aunque sea mínima, por su buen funcionamiento.

El comportamiento del usuario junto con el dimensionamiento adecuado de los equipos y un correcto mantenimiento determina fuertemente el rendimiento de la instalación, el buen servicio y la larga vida.

En una primera gran división las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica (No aplicable a centros educativos)



En el primer tipo, la energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda.

La energía fotovoltaica puede ser aplicada en locales educativos para zonas rurales, alejadas de la red de alumbrado público.

Paneles fotovoltaicos

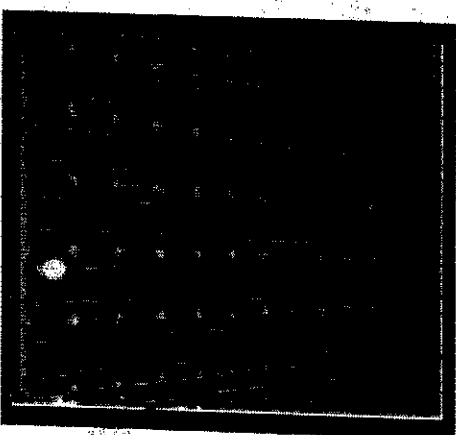
Para obtener potencias utilizables en aparatos de mediana potencia, hay que unir un cierto número de células con la finalidad de obtener la tensión y la corriente requeridas.

A modo de ejemplo, si se desea obtener más tensión hay que conectar varias células en serie. Conectando 36 (dimensiones normales, 7,6 cm. de diámetro) se obtienen 18 V, tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12V, incluso con iluminaciones mucho menores de 1kW/m².

Un panel solar está formado por varias células iguales conectadas en serie y paralelo, de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se incrementen hasta ajustarse al valor deseado. Otros elementos hacen posible la protección del conjunto frente a agentes exteriores, aseguran una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permiten la conexión eléctrica.

Estos son la cubierta exterior de vidrio, la protección posterior, el encapsulante entre ambas, el marco metálico y las bornes de conexión.

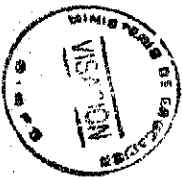
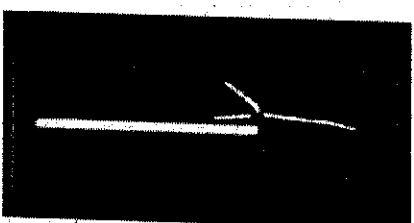
Normalmente los paneles utilizados están diseñados para trabajar en combinación con baterías de tensiones múltiplo de 12 V y tienen entre 28 y 40 células, aunque lo más típico es que cuenten con 36. La superficie del módulo puede variar entre 0.1 y 0.5 m².

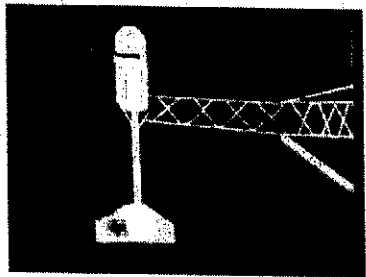


6.8.2 Energía Eólica

Como hemos podido apreciar en arquitectura el viento es la principal forma de climatización en climas húmedos, se puede estudiar a través de maquetas expuestas a túneles de viento donde se observa mediante simuladores, los obstáculos a los que se puede enfrentar el movimiento de aire y determinar así las posibles turbulencias para mejorar el diseño de las Locales educativas.

Al viento lo podemos considerar una forma de parámetro en el análisis de las edificaciones, puesto que si bien, es una forma de climatizar, también puede producir gran malestar.





Para un pequeño Local educativo rural alejado de la red de suministro eléctrico. Se puede pensar en equipos cuya potencia oscile entre 100 W y 10 Kw. En este caso "aerogeneradores sencillos".

Sus características fundamentales son:

- **La turbina**, que puede tener dos o tres palas realizadas en fibra de vidrio y carbono.
- **El generador**, compuesto de imanes permanentes y esta acoplado directamente a la turbina (no se utiliza multiplicador).
- **El sistema de orientación**, que suele consistir en una cola tal y como la que se ve en la figura adjunta.
- **La salida del sistema**, que puede ser en corriente continua o alterna, dependiendo del sistema al que se desee abastecer, y.
- **La torre**, que puede ser tubular o de celosía.

Sin embargo, existe una limitación en la cantidad de potencia eólica que se puede conectar a una red, debido principalmente a dos factores:

- **Variabilidad**. Una de las características fundamentales de la energía eólica es su gran variabilidad y la dificultad de predecir la potencia que va a poder inyectar a la red en un momento determinado.
- **Tipo de generador**. En la actualidad, la mayoría de los aerogeneradores utilizan máquinas asíncronas, que no pueden fijar la frecuencia de red.

Por estos dos motivos, la máxima potencia eólica que se puede conectar en un punto es el 5% de la potencia de cortocircuito.



ANEXO A

Material	Porcentaje de Reflexión		Porcentaje de Emisividad
	Radiación Solar	Radiación térmica	
Plata	93	SB	2
Aluminio Brillante	85	92	8
Cel	0	-	-
Cobre brillante	76	85	15
Plancha de cromo	72	80	20
Pintura cromada	71	11	89
Marmol blanco	54	5	95
Pintura verde clara	50	5	95
Pintura a base de aluminio	45	46	54
Piedra caliza	43	5	95
Madera clara	40	5	95
Asbesto cemento con antigüedad de 1 año	25	5	95
Ladrillo arcilla rojo	23 - 30	6	94
Pintura gris	25	5	95
Hierro galvanizado	10	72	28
Negro mate	3	5	95



Fuente Tesis David Morillón Gálvez.
Diseño de dispositivo y método para medición de conductividad térmica de materiales de construcción.
Universidad de Colima.

Conductividad de los materiales					$10^{-3} \text{ W / m }^{\circ}\text{C}$	$10^{-3} \text{ W / m }^{\circ}\text{C}$	$10^{-3} \text{ W / m }^{\circ}\text{C}$	$10^{-3} \text{ W / m }^{\circ}\text{C}$
Aire				Concreto en general				Madera contrachapada
Agua	26			Agregado	1000			Placa espuma de poliestireno
Hielo	580			Ligero	720		216	Tarrajeo cemento-arena
Hoyo	26			Medio	1200		360	Piedra
Roca:				Denso	1500		576	Granito
Granito	1920			Madera	140		806	Caliza
Caliza	1530			Fibra de madera	50		1210	Arenisca
Arenisca	1290			Tripleplay	140		1470	Cartón de paja
Arena seca	500			Aglomerado	150		576	Madera blanda
Arcilla seca	450			Placa de corcho	50		1150	Madera dura
Adobe	580			Lámina de asfalto	360			Cartón de fibra de madera
Yeso	280			Lana mineral	37		1440	Placa de filtro de madera
Mortero cemento arena	1400			Fibra de vidrio	42			Ligera
Mampostería del tabique				Poliestireno expandido	33		43	Densa
Ligera	560			Cemento arcillosos expandido	460		39	Plomo
Mediana	730			Acero	58000		37	Hierro coledo
Densa	950			Aluminio	220000		49	Acero
Vidrio	720			Asfalto	580		159	Bronce
Asfalto	580			Seco	51			Zinc
Acero	50000			Mojado	144			Aluminio
Aluminio	200000			Empacado	203		461	Cobre
Zinc	110000			Suelto	34		1150	Plata
Plomo	340000			Pulverizado	46		93	Aire
Enlucido 12mm	461							

0017-2008-ED



11